

# Badanie ruchu za pomocą spadkownicy

## Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego poprzez analizę ruchu ciała spadającego swobodnie.

## Zagadnienia związane z tematyką ćwiczenia

- Definicja prędkości chwilowej i średniej, przyspieszenia chwilowego i średniego,
- kinematyczne równania ruchu,
- charakterystyka ruchu prostoliniowego jednostajnego, jednostajnie zmiennego i niejednostajnie zmiennego,
- ruch ciała w polu grawitacyjnym,
- zasady dynamiki Newtona,
- prawo powszechnego ciężenia,
- przyspieszenie ziemskie,
- metoda najmniejszych kwadratów.

## Literatura

- [1] Halliday D., Resnick R., Walker J.: *Podstawy fizyki, cz. 1*, PWN, Warszawa.
- [2] Massalski J., Massalska M.: *Fizyka dla inżynierów cz. 1*, WNT, Warszawa.
- [3] *Metody wykonywania pomiarów i szacowania niepewności pomiarowych*, <http://ftims.pg.edu.pl/documents/10673/20436990/wstep.pdf>

## Przebieg ćwiczenia i zadania do wykonania

Zestaw pozwala wyznaczyć przyspieszenie ziemskie z niepewnością względną mniejszą niż 2 %. Elektromagnes podtrzymujący stalową kulkę zwalnia ją w momencie, gdy rusza stoper. Mierzone są dwa czasy, od upuszczenia kulki do jej przelotu przez każdą z dwóch fotokomórek zamontowanych w dowolnych miejscach na statywie.

Głównym elementem zestawu jest pionowy, aluminiowy statyw na rozkładanym trójnogu, wyposażonym w śruby regulacyjne rozstawu nóg. Na nim zamontowany jest w górnej części elektromagnes, zwalniany przyciskiem ze stopera, dwie fotokomórki, których położenie można dokładnie ustalić względem położenia startowego upuszczanej kulki dzięki przmiarowi metrowemu umieszczonemu na statywie oraz materiałowy koszyczek łąpiący spadającą kulkę. Oprócz stalowych kulek o średnicy 18 mm służących do wykonania samego doświadczenia dołączony jest pion, pomagający ustawić urządzenie tak, aby kulka spadała dokładnie między fotokomórkami. Dokładnemu ustawieniu pionu służą białe linie namalowane na obudowach fotokomórek. Patrząc z boku urządzenia nić pionu powinna być równoległa do pionowych kresek za szczelinami fotokomórek.

Po dokładnym ustawieniu statywu włączamy elektromagnes przez wciśnięcie przycisku „ELEKTROMAGNET”. W tej chwili możemy przyczepić do elektromagnesu kulkę. Zwolnienie tej kulki

wraz ze startem pomiaru czasu następuje po kolejnym naciśnięciu przycisku „ELEKTROMAGNET”. Stoper zarejestruje dwa czasy, w których kulka przebyła do kolejnych fotokomórek i będzie je wyświetlać cyklicznie, wraz z zaznaczoną jednostką milisekund (dioda „ms”). Należy pamiętać o dodaniu do każdego wyniku czasu 11 ms opóźnienia w fotokomórkach.

### **Zadania do wykonania**

1. Zmierzyć czas swobodnego spadku kulki z różnych wysokości.  
Wynik wykreślić w formie zależności  $h = f(t)$ . Skomentować uzyskany wynik.
2. Wykorzystując zależności między  $h$  i  $t$  wyznaczyć przyspieszenie ziemskie (metoda graficzna i/lub metoda najmniejszych kwadratów).
3. Rachunek niepewności.

Niepewność pomiaru  $h$  i  $t$  oceniamy w czasie wykonywania pomiarów na podstawie podziałki użytego przymiaru liniowego, zakresu i klasy użytych urządzeń pomiarowych (niepewność systematyczna). Wyznaczone wartości nanosimy odpowiednio na wykresy.

Niepewność pomiaru przyspieszenia ziemskiego wyznaczamy metoda graficzna i/lub obliczamy jako niepewność standardowa stosując odpowiednie wzory metody najmniejszych kwadratów.